

158
2Ej.



Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Ingeniería

DESCARGADERO EN LA PLANTA TERMOLÉCTRICA
LIBERTAD SONORA

TESIS PROFESIONAL

Que para obtener el Título de
INGENIERO CIVIL

p r e s e n t a

JOAQUIN ALONSO SANTAMARIA TAPIA

México, D. F.

1987



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

I N D I C E

INTRODUCCION	1
I DESCRIPCION Y ANTECEDENTES	3
1.1 Antecedentes	3
1.2 Elementos principales en una Planta Termoeléctrica	6
1.3 Descripción general y localización	8
1.4 Condiciones meteorológicas y geohidrológicas	11
1.5 Infraestructura terrestre	15
II DESCARGADERO DE COMBUSTIBLE	20
2.1 Descripción de la obra	20
2.2 Nivel de referencia y operación	25
2.3 Partes principales que constituyen el muelle	29
2.4 Condiciones de cargas de diseño	40
III PROCESO CONSTRUCTIVO DEL DESCARGADERO	44
3.1 Recomendaciones de construcción	44
3.2 Incaado de pilotes	44
3.3 Diseño para la construcción de pavimento	57
3.4 Estructuras y equipos que lo constituyen	60
3.5 Escolleras de protección	63
IV CONCLUSIONES	67

INTRODUCCION

La producción de energía eléctrica es y seguirá siendo de gran importancia para el desarrollo general de cualquier país del mundo; de ahí que se destinen recursos considerables en la construcción de instalaciones de diferentes características para su obtención que puede ser por medio de Plantas Hidroeléctricas, Termoeléctricas, Vapor, Ciclo Combinado, Turbogas, Combustión Interna, Geotermoeléctrica, Carboeléctrica.

La Comisión Federal de Electricidad a través de la Gerencia de Proyectos Termoeléctricos, ha establecido un programa de estudios, proyectos y construcción de Plantas Termoeléctricas en diversas zonas del país, entre los que se encuentran el proyecto de una Planta Termoeléctrica de cuatro unidades localizada en Puerto Libertad, Son., dicho proyecto, entre una de las múltiples obras que lo integran contempla una terminal marítima de combustible que le suministre el energético para operación de la Termoeléctrica, que a diferencia de otras Plantas construídas en el país requiere de ésta vía de transporte ya que la red de oleoductos aún no alcanza ésta zona.

Dentro de las instalaciones de cualquier Planta Termoeléctrica,

el sistema de agua de circulación es de gran importancia pues -- tiene la función de proporcionar enfriamiento al condensador para lograr precisamente el condensado del vapor que descarga de -- la turbina de baja presión, el cual es enviado nuevamente a las calderas, cerrándose con ello el ciclo de generación y utilización de vapor.

La cantidad de agua requerida para un sistema de circulación es generalmente grande, por lo que la fuente de abastecimiento debe ser lo bastante confiable ya que de interrumpirse, la Planta no podría operar; en consecuencia el diseño del sistema se debe optimizar al máximo para reducir el capital inicial de inversión y los costos de operación de dicho sistema durante la vida útil de la Planta.

I DESCRIPCION Y ANTECEDENTES

1.1 En todo proceso de selección del sitio de una central Termoeléctrica de combustible fósil, carbón o dual puede exigirse que hagamos lo siguiente:

- Buscar realmente y encontrar algunos sitios viables.
- Identificar las características de estos sitios.
- Evaluar los méritos relativos de los sitios.
- Recomendar uno o varios sitios en un área geográfica dada.

GENERALIDADES

El estudio del sitio comienza normalmente con el tipo de central que deba considerarse, con la localización general de los sitios por estudiarse y con los criterios para la evaluación.

Se seleccionan regiones apropiadas y se estudian los mapas existentes para encontrar los sitios posibles, considerando los requisitos básicos de área de la central, topografía, acceso y disponibilidad de agua, facilidades para el abastecimiento de combustible. En caso necesario, se llevan a cabo estudios hidrológicos del flujo histórico de los ríos para determinar la necesidad de almacenamiento de agua o determinar algún abastecimiento de agua complementario.

En el caso de que alguno de los sitios se localice a la orilla - del mar es recomendable desarrollar estudios de mareas y corrientes marinas con el objeto de ubicar, posteriormente, las obras - de toma y de descarga.

El estado actual del desarrollo de nuestro país en ocasiones --- obliga a ubicar polos de desarrollo en lugares con insuficiencia de agua superficial, en estos casos se hace necesario un estudio geohidrológico para ubicar y cuantificar las fuentes de abastecimiento de agua.

Se lleva a cabo el reconocimiento de los sitios posibles para obtener una evaluación preliminar sobre la topografía, la geología los accesos y la disponibilidad de agua y se recopilan todos los datos localmente existentes. En este momento, se efectúa una - evaluación preliminar para determinar la viabilidad y la conveniencia de los sitios. En este proceso de clasificación, se - asignan calificaciones considerando los criterios, lo que resulta en una clasificación relativa inicial.

Se seleccionan los diversos sitios de más alta calificación para su estudio posterior. En este momento, los estudios incluirían generalmente distribuciones detalladas de las instalaciones de - la central para cada localización, exploración en el terreno, -- cálculos estimativos detallados de costos y evaluaciones económicas, lo que puede resultar en una selección final o en una lista

de un número muy limitado de sitios, alternos.

Si la exploración en el terreno fuera sumamente limitado en lo que se menciona arriba y si no se llevan realmente a cabo operaciones de perforación y si se carece de información geotécnica - detallada, puede ser necesario condicionar la selección y las recomendaciones finales y sujetarlas a verificación durante el programa de exploración.

Generalmente, se formula un informe final que incorpore los resultados de los estudios y un resumen de los datos obtenidos. Es necesario observar que el proceso de evaluación debe formalizarse para indicar la metodología utilizada para el rechazo y -- también para la selección de cada sitio.

Criterios Sobre El Sitio

Todo sitio propuesto para una central debe satisfacer ciertos requisitos específicos. Muchos de estos requisitos son exclusivos de las centrales de fuerza alimentadas con combustible fósiles. Los criterios básicos pueden variar hasta cierto punto, - dependiendo de la magnitud y el tipo de la central de fuerza.

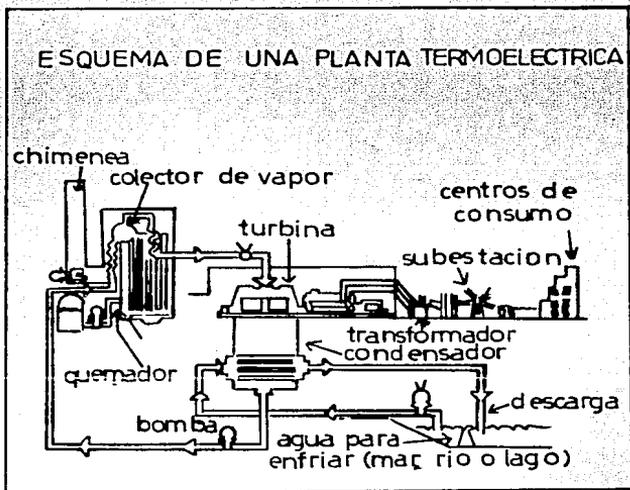
En general, el sitio debe ser lo suficientemente para alojar todas las instalaciones de la central y para permitir alguna proba

ble expansión futura. El área del sitio de la central puede limitar la selección del tipo de sistema de agua de enfriamiento y del área destinada a las líneas de transmisión.

1.2 Elementos Principales en una Planta Termoeléctrica.

- Casa de máquinas
- Cuarto de control
- Caldera
- Taller electromecánico
- Oficina administrativa
- Almacén de operación
- Área de subestación
- Área de transformadores
- Recinto tanques almacenamiento de combustible
- Caseta de compresores
- Caseta de bombas contra incendio
- Comedor
- Cuarto de control de motores
- Obra de toma
- Recinto tanques de día combustible y de diesel
- Caseta bombas transferencia de combustible
- Caseta bombas de día combustible y de diesel
- Fosa de neutralización
- Pozo de sellos

- Canal de llamada
- Caseta de acceso
- Fosa separadora de aceite
- Enfriadores y bombas de circuito cerrado, enfriamiento
- Zona calentamiento de combustible
- Oficina de delegación sindical
- Cuarto de control para subestación
- Planta de tratamiento de aguas negras
- Muelle para descarga de combustible
- Alojamiento militar
- Almacén para cilindros de gas
- Almacén para sustancias químicas solventes
- Laboratorio químico
- Caseta de sulfato ferroso



DESCRIPCION GENERAL Y LOCALIZACION DE LA PLANTA TERMoeLECTRICA, PUERTO LIBERTAD

1.3 La Planta Termoelectrica Puerto Libertad se localiza en la Costa del Estado de Sonora, aproximadamente a 140 km. al Norte de Bahía Kino, en las coordenadas geograficas: 29° - 51' Latitud Norte y 112° 42' Longitud Oeste, siendo su Altitud promedio de + 5.00 m. respecto al nivel del mar, con la Ciudad de Hermosillo tiene comunicacion mediante carre-

tera siendo la distancia que la separa del orden de 230 km. Para localizar esta central, se realizó un estudio de costos diferenciales de inversión en infraestructura y de la instalación propiamente, de operación y conservación entre 4 sitios probables: Bahía Kino, Puerto Lobos, Puerto Libertad y Santa Ana los cuales son los más cercanos a los centros de consumo de la energía eléctrica producida.

Resulta de dicho estudio que el sitio de Puerto Lobos presentaba menores costos aunque con una diferencia mínima, - (159.74 millones de pesos) con relación a Puerto Libertad, Sin embargo como el terreno en éste último sitio presentó mejores condiciones para la cimentación de la instalación ya que es roca, se decidió por éste último.

La Planta consta de cuatro (4) unidades tubogeneradoras de 158 MW cada una, cada unidad tiene un generador de vapor - capaz de quemar combustóleo como combustible principal y - un turbogenerador con recalentamiento.

La Planta es de construcción tipo intemperie para los generadores de vapor e interior para los turbogeneradores.

El enfriamiento de los condensadores se logra mediante un

sistema abierto de agua de mar. Para el enfriamiento del equipo auxiliar se tendrá un sistema cerrado de agua desmineralizada.

El agua de repuesto al ciclo de vapor será suministrado -- por plantas evaporadoras de agua de mar.

El sistema abierto de agua de circulación es, cuando se toma el agua del mar por medio de la estructura de toma.

La obra de toma conecta a un canal que será capaz de conducir el gasto de agua de circulación y el gasto de enfriamiento de auxiliares para todas las unidades que integran a la central.

Y para el sistema cerrado se tendrá una torre de enfriamiento para disipar la energía calorífica. El agua después de pasar por el condensador será descargada en la parte alta de la torre de enfriamiento. El agua enfriada será captada en la pileta de la torre.

La primera unidad, fue sincronizada por primera vez el 25 de enero de 1985.

La segunda unidad, fue sincronizada el 9 de agosto de 1985 y entró en operación comercial a partir del 24 de noviembre del mismo año.

La tercera unidad, fue sincronizada el 1° de enero de 1987.

La cuarta unidad será sincronizada en el mes de julio de 1987.

1.4 Condiciones Meteorológicas y Geohidrológicas

Por no existir información histórica de datos meteorológicos del sitio, se consideraron los valores más conservadores de los obtenidos en el lugar mediante observaciones y mediciones hechas por el grupo de Meteorología de la Comisión Federal de Electricidad y los datos del Atlas del Agua de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos.

Con base en lo anterior se utilizó la información que a continuación se indica:

Precipitación Pluvial Promedio Anual 125 m

Precipitación Pluvial Máxima Horario para:

<i>Diseño</i>	100 mm.
<i>Nieve</i>	(no aplicable)
<i>Hielo</i>	(aplicable)

Temperatura del Aire:

<i>Máxima Registrada</i>	46° C.
<i>Mínima Registrada</i>	-6° C.
<i>Promedio Anual</i>	22° C.

Viento:

<i>Velocidad Regional del Viento</i>	170 km/h.
<i>Intervalo de Recurrencia</i>	100 años
<i>Dirección del Viento Reinante (el más intenso)</i>	S.W.
<i>Dirección del Viento Dominante (el más frecuente)</i>	S.W.

Sismología:

El sitio de la planta se encuentra dentro de la zona sísmica No. 2 según el Manual de Obras Civiles de la Comisión Federal de Electricidad por lo que se tomaron las fuerzas sísmicas que produzcan una aceleración máxima en terreno firme de 0.148 g.

Condiciones del Suelo:

El subsuelo está formado por una capa superficial de mate-

rial definido como granular, del orden de 5.00 m. de espesor seguido por roca de origen ígneo alterada en 1.00 m. de su espesor, después de lo cual la roca es totalmente sana. Las capacidades del terreno para cimentación de las estructuras se establecieron en 10 Ton/M² para desplante en el material granular o de relleno a 1.00 m. de profundidad como mínimo y de 50 Ton/M² para desplante de roca sana

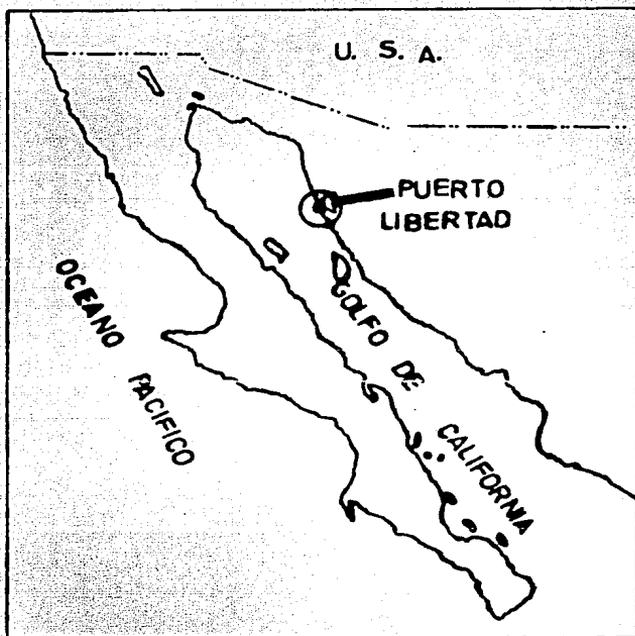
Hidrología y Nivel Freático:

El sitio de la planta se encuentra ubicado dentro de la región hidrológica del Golfo de California (según regionalización de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos). El escurrimiento pluvial en el terreno natural es reducido (10 mm. por año promedio, según isolíneas de escurrimiento medio anual). Debido a la formación estratigráfica del terreno, el nivel freático se localiza en una franja paralela a la Costa a partir de la cota - 2.50 m. - aproximadamente y limitada tierra adentro por el manto rocoso.

Oceanografía:

Para el diseño del sistema de agua de circulación y principalmente para las obras de toma y descarga, se tomaron en cuenta las recomendaciones de los estudios y mediciones oceanográficas en que se contempló lo siguiente:

- a).- Mediciones de urrastre marinos.
- b).- Mediciones de altura y periodos de oleaje, así como -- direcciones de incidencia.
- c).- Mediciones de mareas.
- d).- Mediciones de corriente marina.
- e).- Estudios de los efectos de las descargas de agua ca---
liente de la planta, sobre la flora y fauna marina.
- f).- Estudio de los efectos de los organismos marinos sobre
el sistema de agua de circulación y otras instalacio--
nes de la planta.



1.5 Infraestructura Terrestre

a).- Campamentos de Construcción.

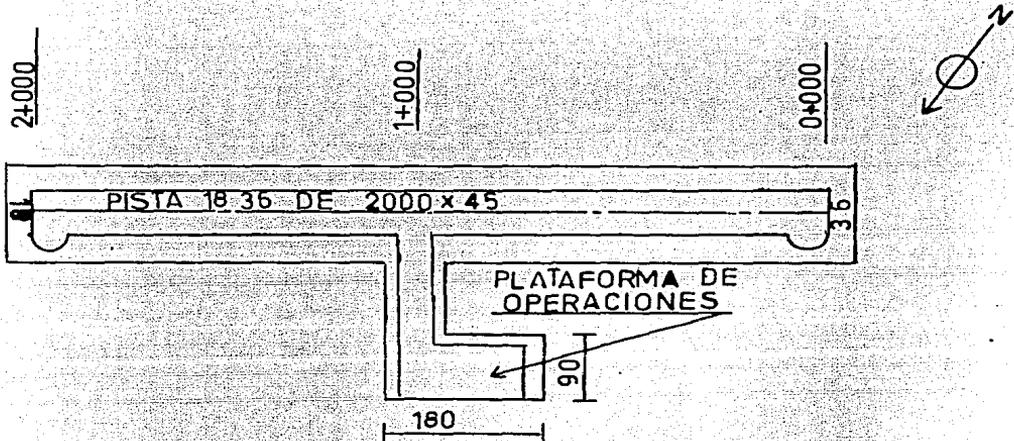
En virtud de que en ese sitio no se contaba con la infraestructura necesaria para alojar el personal de construcción fue necesario construir las siguientes -

obras: 49 casas tipo móvil para personal técnico administrativo con familia; 4 módulos a base de multipanél con 8 apartamentos cada uno para personal técnico administrativo soltero; 46 colectivos a base de multipanél para personal obrero con capacidad de 64 personas cada uno; 12 módulos a base de multipanél con 8 apartamentos para personal obrero con familia; un hotel a base de multipanél con 20 habitaciones para personal que va a laborar por periodos cortos y 2 hoteles móviles de 4 habitaciones cada uno.

Adicional a lo anterior, se tuvieron que construir áreas de recreo y deportivos; escuela primaria y secundaria así como los servicios de agua potable, energía eléctrica y drenaje.

El costo aproximado de las obras anteriores fue de \$ 290'000,000.00 pesos M.N. habiendo construido básicamente entre los años de 1980 a 1982.

Cabe mencionar que las casas y hoteles móviles son recuperable en un 100% y las construcciones con multipanél en un 90% y se pueden emplear posteriormente en otras obras.



CROQUIS DEL AEROPUERTO DE LA PLANTA

Acceso a la Planta

En vista de que el acceso por tierra al sitio era a través de una brecha fue necesaria la construcción de una carretera de 130 km. partiendo del acotamiento km. 34 + 500 de la Calle 3 - Norte con origen en la carretera Hermosillo Kino siendo el costo de ésta de \$ 616,059,000.00 pesos M.N. terminándose en 1982

También fue necesaria la construcción de una aeropista para transportar algunos equipos y cubrir algunas necesidades de emergencia con las siguientes características; 2,200 m. de largo X 45 m. de ancho con plataforma de operación que puede reci

bir aviones de carga tipo Eléctra de 14 toneladas. El costo de esta pista fue de \$ 57'726,000.00 pesos M.N. terminándose de construir en 1982.

Comunicaciones

Se instaló un sistema de comunicación para enlazar el sitio -- con la red nacional de teléfonos con un costo aproximado de -- \$ 16'000,000.00 pesos M.N. en 1982.

Campamento Para El Personal de Operación

Para el personal que operara la planta fue necesario la construcción de las siguientes casas habitación.

1a. etapa de 82 casas para empleados de base con un costo de -- \$ 423'330,000.00 pesos M.N. las cuales se terminaron en sep--- tiembre de 1983.

2a. etapa, se construyeron 70 casas para empleados de confianza con un costo estimado de \$ 1'002,000,000.00 pesos M.N. que se iniciaron a partir del 2o. semestre de éste año, terminando se en 1986.

Se realizaron trabajos de urbanización dentro del área de los campamentos así como la perforación de dos pozos y equipamiento de los mismos, así mismo una línea de conducción y tanque de almacenamiento, planta potabilizadora y red de distribución

estando pendiente construir áreas de recreo y deportivos. Te
niendo un costo aproximado de \$ 237'000.000.00 pesos M.N.

II DESCARGADERO DE COMBUSTIBLE

Infraestructura Marina

Para abastecer de combustible a la central se construyó un muelle para que puedan atracar buques hasta de 55,000 toneladas y poder descargar el combustóleo hasta los tanques de almacenamiento de la misma.

La decisión de esta instalación fue en base de los resultados de los estudios.

2.1 Descripción de la Obra

El descargadero de combustóleo de la C.T. Libertad (4 unidades de 158 MW C/U) está constituido por 3 grupos estructurales; el muelle, con su plataforma de operación, sus plataformas de atraque y amarre y sus duques de alba para amarres; un viaducto para soportar las tuberías que además sirve para tener acceso al muelle y un espigón de arranque que unirá la costa con la pasarela.

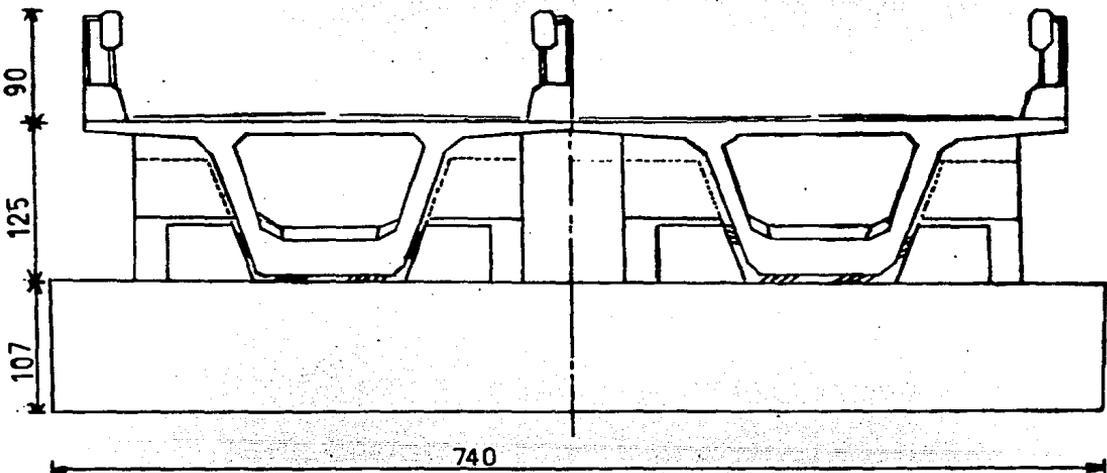
a).- Plataformas operación, atraque y amarre (dos) y duques de alba (cuatro).

En la plataforma de operación, se encuentra el equi-

po de recepción de combustóleo para la C.T. Libertad el cual consisten en tres garzas de 30.44 cm. de diámetro y su sistema de control de potencia 5 TP-480V tableros hidráulicos de control y un interruptor para la alimentación al sistema de conexión al buque-tanque).

VIA DUCTO

660



b).- Viaducto

Soportado sobre estructura a base de tubos de acero de 76 cm. de diámetro y una longitud promedio de --- 30 m. ligados por un caballete de concreto armado, - esto soporta una trabe en cajón de 20 m.

c).- El espigón de arranque es una estructura de tipo enrocamiento, formada por tres partes; el núcleo, la - capa secundaria y la coraza. A su vez la estructura esta dividida en dos tramos; el tronco y el morro siendo éste la parte extrema con mayor influencia -- del mar. La coraza del morro la integrarán elementos prefabricados de concreto de forma cúbica.

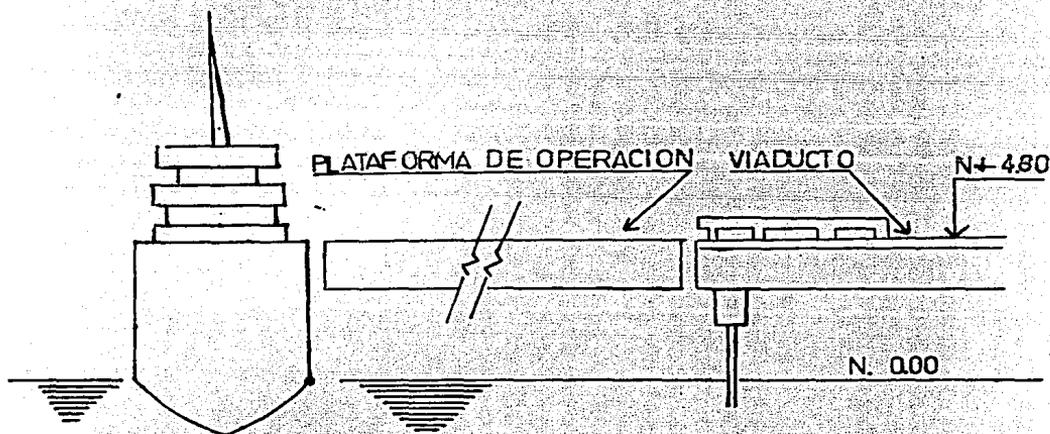
En el extremo del morro existe un soporte indepen--- dientemente donde asienta las trabes del viaducto.

Sobre la corona de la capa secundaria se apoya la estructura que soporta las tuberías del combustóleo y las de otros servicios y el acabado la forma una carpeta asfáltica.

Tipo de Muelle

Es un muelle en "T" de costa para operar un buque --

hasta de 55,000 T.P.M. unido a tierra mediante un --
viaducto. En viaducto de acceso a muelles pesque--
ros y turísticos.



Tipo de Buques que Atracan

Dado el monto de la inversión y la vida útil de la -

instalación, esta obra se proyectó para las necesidades presentes y futuras de acuerdo a los requerimientos de consumo de productos en la planta termoeléctrica y en su zona de influencia debiéndose considerar barcos hasta de 55,000 T.P.M., para el descargadero y embarcaciones tipo camaronero con una eslora de 21.90 m. yates hasta de 33 m. de eslora en los muelles turísticos.

A continuación se enlistan las características principales de los barcos que hacen uso de las instalaciones.

En Descargadero:

<i>Toneladas de peso muerto (DWT)</i>	<i>55,000 T.M</i>
<i>Eslora total</i>	<i>236.00 m.</i>
<i>Eslora entre perpendiculares</i>	<i>225.00 m.</i>
<i>Manga</i>	<i>32.60 m.</i>
<i>Puntal</i>	<i>16.50 m.</i>
<i>Calado de verano</i>	<i>12.00 m.</i>
<i>Calado medio en rosca</i>	<i>4.50 m.</i>
<i>Area máxima longitudinal de deriva debido al viento</i>	<i>3,700.00 m.</i>
<i>Area máxima transversal de deriva debido al viento</i>	<i>1,300.00 m.</i>

<i>Desplazamiento total a plena carga</i>	<i>69,000 T.M.</i>
<i>Carga</i>	<i>Combustóleo</i>

Régimen de Descarga

Las tuberías son capaces de transportar 10,000 barriles - por hora de combustóleo y 7,000 barriles por hora, de cada uno de los otros productos.

Para los gases licuados las garzas y líneas son capaces - de cargar a razón de 625 Ton/Hr.

2.2 Nivel de Referencia y Operación

Las profundidades y cotas de muelle estan referidas al nivel de Bajamar Media Interior con elevación 0.00 m. que - corresponde a la elevación + 3.839, convencional de la - - planta Termoeléctrica.

La cota para el nivel de operación del descargadero que - es donde se lleva a cabo las principales actividades, se - rá de + 4.80 m. con respecto al nivel de referencia, mis - mo que se conserva en toda la longitud del viaducto, pla - taforma de operaciones y estructuras de atraque del des--

cargadero a excepción de los peraltes necesarios para las pendientes del drenaje pluvial. Esta altura es la adecuada en función de la operación de los buques-tanque y la amplitud de marea existentes. Las estructuras de amarre podrán tener otra elevación si se justifica en el proyecto a fin de obtener un diseño más económico.

Velocidad de Atraque

Se refiere a la componente de la velocidad de la embarcación perpendicular al parámetro de atraque del muelle --- cuando aquella se aproxima a éste.

<i>Toneladas de peso muerto (T.P.M.)</i>	<i>Velocidad Promedio En m/seg.</i>
<i>9,555 ó menores</i>	<i>0.20</i>
<i>18,000</i>	<i>0.15</i>
<i>60,000</i>	<i>0.10</i>

Sin embargo se recomendó tomar en cuenta al seleccionar - ésta velocidad, considerar el grado de dificultad en la - maniobra de atraque y el caso particular de la ubicación de ésta terminal en cuanto a protección.

Angulo de Acercamiento al Muelle

Es el ángulo de incidencia que se forma entre el alineamiento del parámetro del muelle, con el eje longitudinal de la embarcación, mismo que no excederá de 10°.

Análisis Sísmico

Se requiere análisis sísmico dinámico modal S=Aceleración del terreno correspondiente a un periodo de recurrencia - de 100 años.

Para fuerza horizontal

S=0.1481 g.

Para fuerza vertical

S=0.100 g.

Combustible a Mover

El muelle maneja los siguientes productos:

<i>Producto</i>	<i>Diámetro de la Tubería</i>
<i>Combustible</i>	<i>20"</i>
<i>Agua contra incendio</i>	<i>10"</i>
<i>Agua potable</i>	<i>6"</i>
<i>Agua de servicio</i>	<i>4"</i>

Diesel	6"
Amoniaco	6"
Gas L.P.	6"

Materiales de Construcción

1.- Subestructura

*Los elementos que constituyen el apoyo del muelle es---
tan definidos en función del estudio de mecánica de sue-
los que dieron bases suficientes al diseño y construc-
ción del descargadero.*

*Se optó por fabricar los elementos de la subestructura
con concreto, con cemento Portland Tipo II, según ASTM
C-150, o cemento Portland, Puzolana Tipo IP (MS) según
ASTM C-595. En cuanto al acero de refuerzo deberá te-
ner una f_y =mínima 4,200 kg./cm².*

2.- Las trabes, muros parapetos, guarniciones, losas etc. - que constituyen la superestructura, son de concreto re- forzado de las características antes mencionadas.

*En cuanto al bombeo y pendientes para el drenaje plu-
vial de las pasarelas, duques de alba y plataforma de -
operación se dará con el concreto mismo en su acabado -
y nunca con emulsiones asfálticas.*

La plataforma de garzas y la caseta de operación son metálicas de acero estructural. Los muros y techos de la caseta fueron de lámina de asbesto cemento utilizando el tipo plano para los muros y la acanalada para el techo.

Prevención contra la Contaminación de las Aguas del Puerto con Petróleo.

A fin de evitar que un derrame fortuito se propague por las aguas del puerto contaminándose, se cuenta con elementos que permiten la contención del derrame, procediendo a su recolección o eliminación inmediata.

Tales equipos son barreras flotantes, o bombas de succión.

2.3 Partes Principales que Constituyen el Muelle

Su Dimensionamiento en Planta

Siendo un muelle en "T" alejado de la costa con un parámetro de atraque consta fundamentalmente de las siguientes partes a partir de su arranque en tierras.

- 1.- Acceso y tramo inicial
- 2.- Tramos No. 1 al 10, Tipo I de pasarela para peatones,

vehículos y tuberías.

- 3.- *Tramos No. 1 al 5, Tipo II de pasarela para peatones vehículos y tuberías.*
- 4.- *Duque de alba exterior No. 1 de amarre.*
- 5.- *Tramo No. 1 de pasarela para peatones*
- 6.- *Duque de alba interior No. 2 de amarre.*
- 7.- *Tramo No. 2 de pasarela para peatones*
- 8.- *Plataforma No. 1 de atraque y amarre.*
- 9.- *Tramo No. 3 de pasarela para peatones.*
- 10.- *Plataforma de operación.*
- 11.- *Tramo No. 4 de pasarela para peatones*
- 12.- *Plataforma No. 2 de atraque y amarre.*
- 13.- *Tramo No. 5 de pasarela para peatones.*
- 14.- *Duque de alba interior No. 3 de amarre.*
- 15.- *Tramo No. 6 de pasarela para peatones.*
- 16.- *Duque de alba exterior No. 4 de amarre.*

1.- Acceso en Tierra y Tramo Inicial

En el arranque del muelle, se colocó un tramo inicial con las mismas características indicadas para las estructuras, que sirvieron para ajustar la longitud necesaria del viaducto. En un extremo inicial, se usó como apoyo un muro plantado por ampliación de base, - capaz de contener la terracería del camino de acceso al muelle.

2.- *Tramos No. 1 al 10, Tipo I de pasarela para peatones, vehículos y tuberías.*

Esta pasarela partirá desde el arranque del muelle, - con una longitud de 620 m. siendo constituida por dos estructuras, una para peatones y vehículos y la segunda para apoyo de tuberías.

La primera está formada por una losa de concreto reforzada colocada en el lugar, soportada por tres trabes prefabricadas de concreto reforzado para proporcionar dos bandas de circulación. En sus extremos - se pondrá una guarnición con parapeto de concreto reforzado de un lado y en el otro una banqueta aligerada. El ancho de calzada es de 8.20 m. el de la guarnición de 0.30 m. y el de la banqueta de 0.80 m. para tener un ancho total de 9.30 m.

Se aprovecho el peralte de la banqueta para alojar - ductos eléctricos y telefónicos.

Por el lado exterior de la banqueta y como estructura independiente se construyó una losa nervadura prefabricada de concreto reforzado para apoyo de las tuberías de productos, agua contra incendio.

Tanto la pasarela para peatones y vehículos como la - de apoyo de tuberías, está formada por varios tramos

continuos, para obtener una mejor estabilidad de la estructura. El número de tramos y la longitud de cada tramo continuo, es compatible con las deformaciones que lleguen a producirse, dentro de lo permisible

3.- Tramos No. 1 al 5 Tipo II de pasarela para peatones, vehículos y tuberías.

Es una continuación de la pasarela del Tramo No. 1 -- con una longitud de 320 m. para llegar a la plataforma de operación, constituida como la anterior por dos estructuras, una para peatones y vehículos y la segunda para apoyo de tuberías.

La primera está formada por una losa de concreto reforzado colada en el lugar, soportada por dos traveses prefabricadas de concreto reforzado para proporcionar una banda de circulación. En sus extremos se colocó una guarnición con para peto de concreto reforzado en un lado y en el otro una banqueteta aligerada. El ancho de calzada es de 4.20 m., el de la guarnición de 0.30 m. y el de la banqueteta de 0.80 m. para tener un ancho total de 5.30 m.

Se aprovecho el peralte de la banqueteta para alojar -- ductos eléctricos y telefónicos.

4.- Duque de Alba exterior No. 1 de amarre.

Su centro de figura se localizará a 190.00 m. del --- centro de la plataforma de operación.

Sus dimensiones en planta son de 10.00 m. en sentido paralelo al de atraque y de 10.00 m. perpendicular a éste.

Las cuatro esquinas estan ochavadas con 0.50 m. por lado.

En su parte central, va un gancho doble de amarre que absorberá los esfuerzos de tensión de los cabos largos de proa de los barcos.

La estructura está formada por una losa plana de concreto reforzado, apoyada directamente sobre pilotes.

5.- Tramo 1 de pasarela para peatones.

Parte del duque de alba de amarre No. 1 hacia el duque de alba No. 2 con una longitud de 83.12 m. Su función es la de unir ambos duques para realizar en forma segura y rápida las operaciones de amarre y desamarre de los cabos.

Está formada por una losa con una nervadura prefabricada de concreto reforzado. El ancho de calzada es de 1.20 m. el de los barandales de 0.15 m. para un an

cho total de 1.50 m.

Las pasarelas se consideran con apoyos libres en sus extremos, debiendo considerar apoyos intermedios de manera de tener deformaciones aceptables en la estructura.

6.- Duque de alba interior No. 2 de amarre.

A 100.00 m. del arranque del centro de la plataforma de operación esta el centro de figura de este elemento y sirve para recibir los cabos a través de los buques tanque que atraquen a este muelle. Sus dimensiones en planta son las mismas que las ya mencionadas para el duque de alba de amarre No. 1 y hay instalados ganchos de amarre localizadas en el centro del elemento.

7.- Tramo No. 2 de pasarela para peatones.

Parte del duque de alba No. 2 hacia la plataforma de atraque y amarre No. 1 con una longitud de 57.29 m. - Esta estructura tiene características y funciones semejantes a la del tramo No. 1 de pasarela para peatones.

8.- *Plataforma No. 1 de atraque y amarre.*

A 45.00 m. del centro de figura de la plataforma de operación se localiza la plataforma No. 1 de atraque y amarre.

Sus dimensiones en planta son de 20.00 m. en el sentido paralelo al del atraque y de 15.00 m. perpendicular a éste.

Sus esquinas que ven hacia el exterior, tienen un esviajamiento de 10° para que aún en las maniobras de atraque y desatraque, el barco haga contacto con una defensa completa, evitando concentraciones de esfuerzos en las esquinas de estos elementos absorbedores de energía.

Cuenta con un gancho doble para amarre de los cabos - spring de proa, localizados en el centro de la estructura.

9.- *Tramo No. 3 de pasarela para peatones.*

Parte de la plataforma de atraque y amarre hacia la plataforma de operación, con una longitud de 15.50 m.

Esta estructura tiene características semejantes a la

del tramo No. 1 de pasarela para peatones, usando una pasarela de un sólo claro.

10.- Plataforma de operación.

Se considera desde el punto de vista operativo como la parte principal del descargadero.

En ella se localiza la plataforma de garzas, como equipo fundamental por donde, a través de ella, se descargan los barcos que arriban a este muelle.

Tienen esta plataforma su centro de figura a 950 m. del arranque del muelle con 40.00 m. de longitud en el sentido paralelo al del atraque y 20.00 m. en sentido perpendicular a éste.

Observese que el parametro de atraque de esta estructura, está a 1.50 m. más adentro que el correspondiente a las plataformas de amarre y atraque para evitar que en las operaciones normales de atraque, al barco, haga contacto con ella pudiendo dañarse los equipos de carga y/o descarga.

Sobre el nivel de piso en cada una de las dos esquinas del lado de atraque de la plataforma, hay una bitta sencilla del tamaño adecuado para amarrar los ca-

bos de las embarcaciones.

11.- Tramo No. 4 de pasarela para peatones.

Esta pasarela tiene como función, unir la plataforma de operación con la plataforma de atraque y amarre -- No. 2.

12.- Plataforma No. 2 de atraque y amarre.

Para las mismas funciones que la No. 1 mencionada anteriormente, está a 45.00 m. del centro de la plataforma de operación hacia el lado opuesto.

Las esquinas que tienen un esviajamiento de 10° son -- las del exterior.

13.- Tramo No. 5 de pasarela para peatones.

Esta pasarela es para unir la plataforma de atraque y amarre No. 2 con el duque de alba interior No. 3. Su geometría y estructura es semejante a la pasarela del tramo No. 2 antes descrito.

14.- Duque de alba interior No. 3 de amarre.

Este elemento localizado a 100 m. del eje de la plata forma de operación, tiene en planta una sección rectangular de 10.00 X 10.00 m. con sus cuatro esquinas ochavadas 0.30 m. por lado.

Su estructura es a base de una losa de concreto reforzado sustentada por pilotes y lleva una guarnición --perimetral.

15.- Tramo No. 6 de pasarela para peatones.

Esta pasarela une los duques de alba Nos. 3 y 4, tienen características semejantes al tramo No. 1.

16.- Duque de alba exterior No. 4 de amarre.

Este es el elemento final de los que constituyen el muelle.

17, 18, 19.- Muelles turísticos.

Consisten en tres muelles perpendiculares al viaducto Son de tipo flotante, para operar debidamente en el rango de mareas de este puerto.

Cada muelle tiene forma rectangular en planta y sus -

dimensiones son de 33 X 5 m.

20, 21 y 22.- Muelles pesqueros.

Consisten en tres muelles perpendiculares al viaducto. Son de tipo flotante o con otra solución, que permita a los barcos camaroneros atracar, amarrar y descargar sus productos con eficiencia, en el rango de mareas de este puerto.

Cada muelle tiene forma rectangular en planta y sus dimensiones son de 35 X 15 m.

Descargadero de Combustible

Es convencional que la instalaciones de atraque para barcos esten localizadas en aguas protegidas en dársenas naturales o formadas por rompeolas.

El reciente incremento en el tamaño de los barcos, especialmente de buques-tanque petroleros, orilló a la construcción de facilidades fuera de la costa, en mar abierto y expuestas al oleaje.

Para asegurar el funcionamiento de dichos muelles fuera de costa, fue necesario considerar la acción de las olas,

sobre las estructuras y sobre los duques amarrados.

Para el diseño del descargadero diversas cargas fueron -- consideradas. La definición de dichas cargas, son las -- siguientes.

W = Carga Muerta. Es el peso de la superestructura de -- la subestructura y cualquier equipo, permanente que no cambie con su operación.

W_y = Cargas vivas. Son las cargas impuestas al muelle -- durante su uso y que cambian durante la operación.

W_a = Cargas ambientales. Son cargas impuestas al muelle por fenómenos naturales, tales como viento, corrientes, olas, sismo, nieve y hielo; no serán consideradas.

W_d = Cargas dinámicas. Son las cargas impuestas al muelle debido a la respuesta a una excitación de un ciclo natural o debido a la reacción a un impacto. La excitación de un muelle puede ser causada por olas o sismo de las embarcaciones en el muelle.

3.4 Condiciones de Cargas de Diseño.

El muelle fue diseñado para las condiciones de carga apropiadas, las cuales producirán los efectos más severos en

la estructura. Las condiciones de carga incluyeron tanto las condiciones de operación como las extremas ambientales, combinadas con las cargas muertas y vivas, de la siguiente manera.

- 1.- Condiciones ambientales de operación combinadas con cargas muertas y cargas vivas máximas apropiadas a las operaciones normales del muelle.
- 2.- Condiciones ambientales de operación combinadas con cargas muertas y cargas vivas mínimas apropiadas a las operaciones normales del muelle.
- 3.- Condiciones ambientales de diseño con cargas muertas y cargas vivas máximas apropiadas para combinar con condiciones extremas.
- 4.- Condiciones ambientales de diseño con cargas muertas y cargas vivas mínimas apropiadas para combinar con condiciones extremas.

Las cargas ambientales, con la excepción de la sísmica, fueron combinadas de manera consistente con la probabilidad de su ocurrencia simultánea durante la condición de carga que se esté considerando. La carga sísmica fue impuesta al muelle como una condición

de carga ambiental separada o combinada con otra pero restringida. Las condiciones de carga antes enumeradas, se reflejan en las siguientes combinaciones de carga, por estructura.

Combinaciones de Cargas

I Plataformas de atraque

- a.- $W_m + W_{vv}$
- b.- $N_m + 50\% W_{vv} + F. \text{ sismica}$
- c.- $W_m + 50\% W_{vv} + F. \text{ sismica} + F. \text{ de olas}$
- d.- $W_m + \text{ataque de buque}$
- e.- $W_m + \text{ataque de buque} + F. \text{ de corrientes}$
- f.- $W_m + W_{vv} + \text{ataque de buque}$
- g.- $W_m + \text{fuerza de corrientes}$
- h.- $W_m + \text{fuerza de olas de tormenta}$
- i.- $W_m + \text{fuerzas inducidas por buque amarrado bajo la acción de oleaje o corrientes empujes}$
- j.- $W_m + \text{viento sobre la estructura}$
- k.- $W_m + \text{viento sobre el buque aconchamiento}$
- l.- $W_m + \text{viento sobre la estructura} + \text{ olas de tormenta}$

La superestructura estará formada por dos traveses de sección rectangular ensanchada en los dos patines, las cuales serán de concreto reforzado, precoladas y estarán unidas entre sí,

por diafragmas extremos colados en el lugar. También llevarán dos diafragmas intermedios prefabricados, los cuales servirán de apoyo a las tuberías.

Longitud total de la trabe	19.96 m
Longitud total del claro	19.71 m.
Longitud total de la pasarela	940.00 m.
Número total de tramos	47.00 Pzas.
Ancho total de la pasarela	4.30 m.
Ancho libre para alojar las tuberías	4.00 m.
Ancho de los apoyos laterales	0.15 m.
Número de tubos \emptyset 10"	15.00 Pzas.

M a t e r i a l e s

Concreto de	$f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$.
Acero de refuerzo de	$f_y = 4,200 \text{ kg/cm}^2$

III PROCESO CONSTRUCTIVO DEL DESCARGADERO

3.1 Recomendaciones de construcción

Proporcionamiento de las mezclas de concreto.

Se determinaron las proporciones de cemento, agregados y agua para obtener las resistencias especificadas.

Para concreto $f'c=250 \text{ kg/cm}^2$ y $f'c=200 \text{ kg/cm}^2$.

Relación Agua: cemento =0.45 (sin aire incluido).

Relación Agua: cemento =0.399 (con aire incluido).

(Relaciones absolutas por peso), además hacer especímenes de prueba con varias proporciones y consistencias hasta encontrar la proporción que arroje mezclas de la resistencia apropiadas para los trabajos especificados.

La consistencia necesaria en el concreto estuvo dada por las proporciones de agregado a cemento que dieran una mezcla que llegara fácilmente a las esquinas y ángulos de las cimbras y alrededor del esfuerzo, compatible con el método de colocación del concreto que se amplio en la obra, pero sin permitir que los materiales se segréguen o que se acumule un exceso de agua sobre la superficie.

3.2 Hincado de pilotes

El hincado de cada pilote se efectuó hasta su nivel de -

diseño con las menores interrupciones posibles, de manera de reducir la resistencia del hincado que con frecuencia aparece durante las demoras.

Cuando se dificultó la hinca, se recomendó la perforación interior con equipo de rotación para continuar el avance del pilote hasta la profundidad de diseño.

La profundidad de hincado no varío en más de 50 cm. con relación a la de proyecto.

Se uso en la hinca de pilotes un martillo DELMAG-36 o --- equivalente para hincar los pilotes de 30" o equivalente para hincar los pilotes de 30" de diámetro y un DELMAG-46 o equivalente para los pilotes de 36" de diámetro.

Para la mayor conservación de los pilotes, inmediatamente después de la hinca se deberán proteger mecánicamente, a base de resinas epoxicas.

Los pilotes trabajarán por punta y fricción lateral exterior, siendo su capacidad de carga la que se detalla a -- continuación considerándose la profundidad de desplante a partir de la frontera superior del lecho marino.

Pilotes de 30"

- Profundidad de desplante = 7.5 m.
- Capacidad de carga por punta = 130 Ton.
- Capacidad de carga por fricción = 20 Ton.
- Capacidad de carga total = 150 Ton.

Pilotes de 36"

- Profundidad de desplante = 9.0 m.
- Capacidad de carga por punta = 220 Ton.
- Capacidad de carga por fricción = 40 Ton.
- Capacidad de carga total = 260 Ton.

El subsuelo en el sitio en que se ubico el muelle de descarga se puede considerar constituido por dos estratos: - el superficial con espesor variable entre 3.6 X 5.5 m. -- constituido principalmente por arena media gruesa con --- fragmentos de concha y gravas aisladas y en estado suelto a medianamente compacto a continuación y hasta la máxima profundidad explorada de 20 m. bajo el fondo marino, se -- tienen arenas, fina a medias, arcillosas y en estado muy compacto solamente podrá utilizarse un aditivo inclusor - de aire en el concreto si en la obra existe un dispositivo de medición que garantice una dosificación precisa.

Se tomaron las precauciones necesarias para garantizar --

que no sufriera desplazamiento durante la hincada, permitiéndose una desviación máxima en cualquier dirección de 45 cm. en la posición final del pilote ya hincado.

Se llevaron estructuras adicionales necesarias para mantener en todo momento el ángulo especificando, no permitiendo desviaciones mayores de 1.5°.

La instalación apropiada de los pilotes es vital para la vida y permanencia del muelle y se requirió que cada pilote fuera a la penetración de diseño, sin dañarlo en la maniobra y con todas las conexiones estructurales hechas en campo, de acuerdo con los requerimientos de diseño.

El hincado de cada pilote se efectuó hasta su nivel de diseño con las menores interrupciones posibles, de manera de reducir la resistencia al hincado que con frecuencia aparece durante las demoras.

En ocasiones, que no fue posible penetrar más la capacidad del pilote pudo ser mejorada usando métodos tales como el chifloneado o la perforación para continuar el avance del pilote hasta la profundidad de diseño.

Cuando hubo demora en las operaciones de hincado por una hora o más, se verificó que el pilote hubiera avanzado lo necesario. Sin embargo, en ningún caso el conteo exce--

dió 800 golpes de penetración.

Para efectuar el empalme de los dos tramos de cada pilote se presentó el segundo tramo sobre el tramo ya hincado y se alinearon de tal forma que coincidieran los ejes longitudinales de ambos completamente.

Durante todas las operaciones del hincado se registró la siguiente información.

- 1.- Identificación de la parte del descargadero y del pilote.
- 2.- Penetración del pilote por peso propio.
- 3.- Penetración del pilote con el peso del martillo.
- 4.- Conteo de golpes e identificación del martillo.
- 5.- Interrupciones en el hincado, incluyendo tiempo de colocación o montaje del pilote.
- 6.- Longitud de cada sección del pilote y cortes.

Cimentación

De acuerdo con las características del proyecto, con las condiciones del subsuelo y con las facilidades constructivas, se analizaron los diferentes tipos de cimentación según la parte de la obra que se trató; así, el estribo de arranque del viaducto se proyectó construir de mamposte--

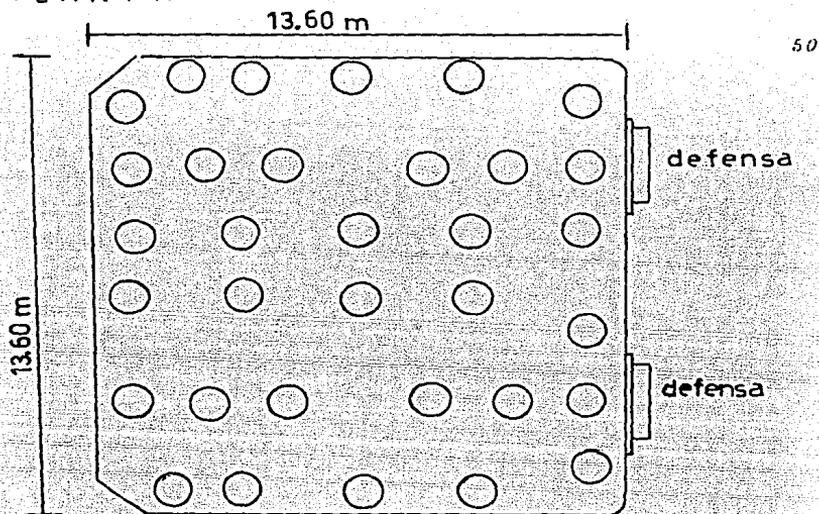
ria y con apoyo por superficies en los caballetes cercanos a la playa, en donde se localizó arenisca, se utilizaron pilas de concreto que se apoyaron en ella y para el resto de los apoyos tanto del viaducto como de las plataformas y duques de alba, se propuso el uso de pilotes de acero, tubulares de punta abierta.

Se analizaron los diferentes tipos de cimentaciones propuestos según las condiciones del suelo detectadas.

Pilotes Tubulares

La necesidad de obtener un empotramiento adecuado para los apoyos de los caballetes, así como la alta compacidad del subsuelo, justifican el uso de pilotes tubulares, de punta abierta, ya que su hincado resultó factible, mientras que para hincar pilotes de sección llena se requeriría efectuar una perforación previa hasta la profundidad de desplante y un ademado o emboquillado desde el fondo marino hasta la superficie de trabajo sobre el nivel del mar, operaciones que elevarían los costos.

PLANTA



DISPOSICION DE LOS PILOTES EN

DUQUE DE ALBA

Las cargas capaces de soportar los pilotes de punta abierta tendrían una contribución debida a la fricción del suelo sobre el fuste del pilote y una contribución de su carga en la punta, la que a su vez estuvo en función de la capacidad de carga admisible del suelo de apoyo, del área de la corona del pilote y del tapón del suelo que se formó en su interior, conforme avanzó el hincado.

Así, la carga por punta de los pilotes se diseñó para dos condiciones: una, aprovechando la carga por fricción del tapón del suelo que se formó en su interior, la cual dependió de la longitud de empotramiento y, la otra, susti-----

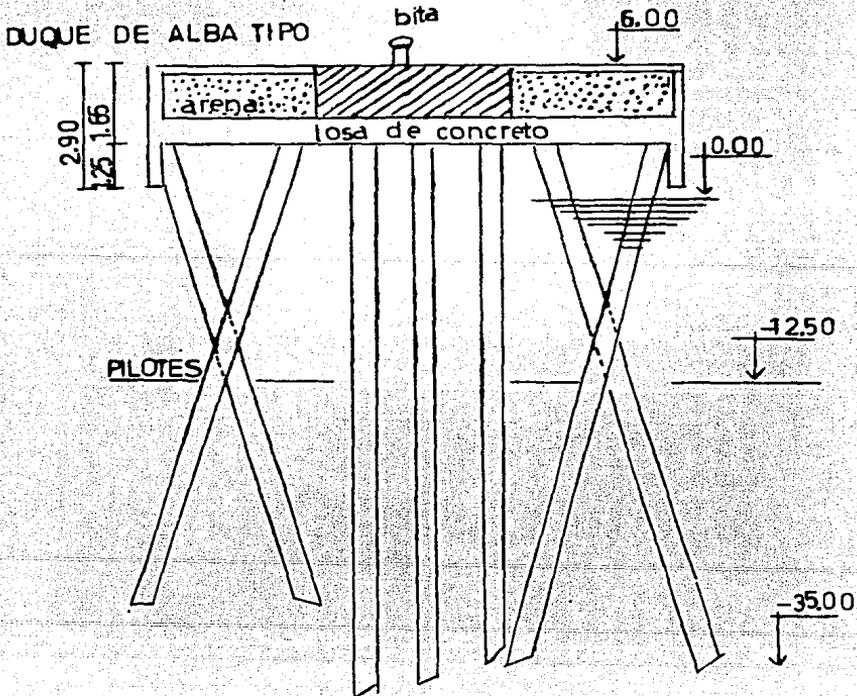
tuyendo o reforzando el tapón de suelo en su interior con un tapón de concreto para utilizar toda la capacidad de carga por punta como pilote de sección llena.

Para evaluar la carga de los pilotes, tanto por fricción lateral como la capacidad de carga del suelo en su punta, se tuvo que considerar el defecto de la socavación en el material superficial, provocada por las corrientes marinas, de temporales o ciclones, descensos o ascensos de mareas o marejadas de fondo.

Para estimar la socavación general se requirió conocer la velocidad de dichas corrientes sobre el fondo marino y para la socavación local en el sitio de cada pilote habría que considerar el incremento de velocidad y las turbulencias ocasionadas por las diferentes distribuciones de pilotes que se tuvieron. Para conocer la velocidad de las corrientes en el fondo marino fue necesario efectuar un estudio que permitió su evaluación.

Por otra parte, de acuerdo con las características del sub-suelo del fondo marino, se consideró que los materiales superficiales que presentaron compacidad suelta a compactación sufrieron desplazamientos debido a las corrientes marinas.

Debido a los aspectos anteriores y a la importancia de la obra, se juzgó conveniente considerar que dicho estrato superficial fuera removido por la socavación y por lo tanto se desprecia su posible contribución para los análisis de carga del suelo que soportó los pilotes.



Capacidad de carga por punta

Considerando que el suelo de apoyo constituido por arenas arcillosas y que los parámetros de resistencia al corte presentaron un comportamiento de suelo predominantemente friccionante, en la capacidad de carga por punta fue necesario efectuar un estudio que permitió su evaluación dado que las cargas por punta del pilote dependieron de la --- fricción del núcleo o tapón del suelo que penetró en su interior, ésta se calculó igual a la que había en el fuste del pilote; sin embargo, aunque se consideró que por ser material compacto la longitud del núcleo fue igual al empotramiento del pilote y adicionalmente no se modificó en forma sensible la compacidad del suelo en el núcleo se decidió utilizar un factor de seguridad de 4 dadas las incertidumbres en comportamiento del núcleo.

P i l a s

Ya que en los sondeos inmediatos a la playa se localizó arenisca, que impidió el hincado de los pilotes, se optó por una solución a base de pilas, coladas en el lugar, -- que se apoyaron directamente sobre la roca se colaron pi-

Las de 1.0 m. de diámetro.

El viaducto del muelle, está formado por traveses tipo cajón, prefabricadas de concreto reforzado, en tramos de 20 m. y con peraltes de 1.25 m; está soportada en sus extremos por caballetes que se apoyaron en el terreno por medio de pilotes metálicos, tubulares, con diámetros variables de 76.2 cm. (30") a 91.4 cm. (36").

En el arranque se utilizó un estribo de mampostería.

Las plataformas de operación y de atraque y los duques de alba, fueron igualmente de concreto y se apoyaron en elementos tubulares metálicos de 91.4 cm. (36").

De acuerdo con la información proporcionada, las cargas que recibirán los pilotes variaron entre 50 X 150 Ton. según se localizaron en el arranque del viaducto o en las plataformas y duques de alba.

La campaña inicial de sondeos para este estudio, comprendió la perforación de 23 sondeos, de los cuales 10 estuvieron ubicados en una franja de 120 m. de ancho a lo largo del viaducto y el resto hasta una zona de 580 m. de ancho en los sitios de las plataformas de atraque y duques de alba. La profundidad de proyecto de estos sondeos era de 20 m. bajo el fondo del mar.

Posteriormente, según se definió la ubicación final del viaducto del muelle de descarga y se tuvieron los resultados del estudio geofísico del fondo marino en la zona, el cual reportó una compleja uniformidad en las características del subsuelo, el número de sondeos total se redujo a 16. Se ubicaron a lo largo del viaducto, concentrando cinco de ellos en su principio, donde se detectaron diferencias en las características del subsuelo y el resto se situaron con separaciones del orden de 150 m.

Dimensionamiento General

Para hacer el dimensionamiento general del muelle y viaducto, se procedió en la forma siguiente:

Localización

Se definió en primer lugar el punto de arranque en tierra de tal manera que quedará fuera de los límites de la planta y lo suficientemente cerca para tener el menor desarrollo de tuberías de producto, pero que permitiera a la vez fácil acceso al camino que en un futuro pueden emplear los usuarios de las instalaciones pesqueras y turísticas - - -

o deportivas, sin afectar el funcionamiento propio de la planta.

Orientación

La orientación del muelle se hizo buscando que el viaducto resultara de la menor longitud posible. Para ello, se siguió un trazo en el eje que fuera perpendicular a las curvas batimétricas hasta llegar a la profundidad necesaria para el descargadero y de acuerdo a las corrientes, que presentara la menor área expuesta de las embarcaciones.

Longitud

La longitud del viaducto y ubicación de las estructuras del descargadero se definieron en función de las profundidades (batimetría) y de las características propias de los buques de diseño.

Calado de plena carga 12.00 m.

Calado de agua necesario de la quilla al fondo, tomando en cuenta cierta incertidumbre en la exactitud de la batimetría 2.00 m.

<i>Amplitud de la bajamar mínima registrada</i>	1.467 m.
<i>Oleaje normal</i>	0.35 m.
	<hr/>
<i>T O T A L</i>	15.817 m.

Por lo anterior el muelle petrolero debe llegar hasta la profundidad - 16.00 m. como mínimo respecto al nivel de bajamar media inferior calculado, que se presenta una longitud de viaducto de 940.00 m.

3.3 Diseño para la construcción del pavimento del camino sobre el espigón del descargadero de combustible de la C.T. Libertad.

Pavimento

Conforme se observó en 15 excavaciones someras efectuadas a lo largo de los 4 km. del terreno sobre el eje de la pista, en general el subsuelo está constituido por una capa de 0.3 a 0.4 m. de espesor formada por una arena fina arcillo - limosa, con poca arena gruesa y media, y algunas gravas finas y gruesas aisladas, café de consistencia y compacidad medias, en estado seco. Subyaciendo a la capa anterior, y cuando menos hasta 0.6 m. de profundidad (fondo de las excavaciones), se encontraron los mismos materiales pero con marcas blanqueas cementados con CaCO₃ de consistencia dura, la consistencia de ésta segunda ca-

pa disminuye notablemente cuando se hidrata el cemento.

Pavimento flexible

Diseño

El camino espigón de la Planta Termoeléctrica se pavimentó como a continuación se indica.

Sub - base

La sub - base deberá estar constituida por una capa de -- 15 cm. de espesor compactado, formada con el producto de las excavaciones que se realicen en el área del campamento de la Planta Termoeléctrica, libre de basura y materia orgánica.

B a s e

La base se formó con una capa de 10 cm. de espesor compactado, constituida ya sea por material del banco "caracol" (km. 21 camino a Caborca), o bien por una mezcla de grava

de playa de la planta Termoeléctrica y el mismo material - recomendado para la sub - base, en proporción volumétrica 40% - 60%, respectivamente. En cualquier caso deberá verificarse continuamente que la curva granulométrica del material usado para base quede comprendida dentro de la zona que ni más del 50% en peso pase por la malla No. 10 - - - (2 mm.) ni más del 15% en peso pase por la malla No. 200 - (0.074 mm.).

C a r p e t a

Fue optativo colocar sobre la base una carpeta asfáltica - de 2 a 3 riesgos con gravilla y con un espesor no mayor de 5 cm. compactada y construida por el sistema de mezcla en el lugar.

Construcción

Antes de iniciar la construcción del pavimento, el terreno tenía que limpiarse eliminando escombros, basura etc.

El relleno se compactó con rodillo liso de mayor peso que se disponga en obra, proporcionando 6 pasadas.

Sobre la sub-rasante se construyó una sub - base de 15 cm de espesor final, compactado con rodillo liso vibratorio hasta alcanzar cuando menos el 100% de compactación.

Sobre la sub - base se construyó una base de 10 cm. de espesor fina, eliminando los tamaños mayores de 4 cm. (1½") y compactada hasta alcanzar cuando menos el 100%.

Riesgo de impregnación; con el objeto de impermeabilizar la superficie, una vez construida la base se barrió perfectamente su superficie. Posteriormente, con petrolizadora, se aplicó riesgo de asfalto rebajado de fraguado medio se dejará reposar dos días.

El riesgo de impregnación se hizo durante las horas más calurosas del día, y por ningún motivo se regó cuando la base se encontraba mojada.

Antes de iniciada la construcción de la carpeta, la base impregnada tenía que barrerse perfectamente. Asimismo, no tenía que haber material asfáltico encharcado.

3.4 Estructuras y equipos que lo constituyen.

Las estructuras y equipos principales que lo constituyen son: La obra de toma, integrada a su vez por canal de lla

mada, 2 escolleras de protección y un cárcamo de bombeo; 4 mallas giratorias para limpieza o filtrado del agua; 8 bombas verticales con capacidad para bombear $3.68 \text{ m}^3/\text{seg.}$ cada una el cárcamo cuenta además con rejillas y compuertas así como también con una grúa pórtico para el mantenimiento del equipo.

Canal de llamada

Descripción del problema e información básica.

El agua de enfriamiento para los condensadores de la Planta es encausada directamente del mar hacia el cárcamo de bombeo por medio de un canal de llamada construido mediante excavación tierra adentro y draga del fondo marino.

Para el diseño hidrodulico del canal, se tomaron en cuenta los siguientes datos básicos.

Dimensionamiento preliminar del cárcamo de bombeo (23.00 m. de ancho en la zona de unión con el canal, nivel fondo del cárcamo: N.P.C. = - 2.00 m. y - 2.60 m.).

Gasto máximo requerido para las cuatro (4) unidades de la planta.

8 bombas del sistema de agua de circulación, de - - - -
 $3.2 \text{ m}^3/\text{seg.}$ cada uno, más 6 bombas del circuito auxiliar
 de enfriamiento de $0.27 \text{ m}^3/\text{seg.}$ cada una $8 \times 3.2 - 6 \times$
 $0.27 = 27.22 \text{ m}^3/\text{seg.}$

Para dimensionamiento del canal se uso un gasto de - - -
 $29.00 \text{ m}^3/\text{seg.}$ contemplando ya dentro de éste, los requeri-
 mientos de agua para lavado de mallas.

El nivel del mar en el sitio de la planta tiene una varia-
 ción considerable por lo que para el dimensionamiento del
 canal se tomó el nivel de bajamar crítico que es de - - -
 - 2.66 m. referido al nivel real medio del mar.

Sección del canal

Tomando en cuenta la estatigrafía en la zona del canal de-
 finida por el estudio geológico del sitio de la planta, -
 (un primer estrato de arenas y gravas de procedencia gra-
 nítica, con predominio de estas últimas en la línea de la
 playa, subyaciendo éste material se encuentra riolita y -
 tova volcánica poco fracturada), se vió conveniente utili-
 zar una sección trapecial en la zona de arenas o gravas y
 una sección rectangular donde se tiene roca.

El talud de excavación para la sección trapecial del canal

se propuso de 2.5: 1 por considerarse suficiente para la estabilidad del material. En la zona de rompientes se requirió proteger los taludes del canal para evitar los efectos de socavación y en consecuencia azolve del canal; esta protección se realizó a base de una capa de gaviones

3.5 Escolleras de protección.

a).- Justificación de la obra.

Puesto que el canal de llamada atraviesa la zona de rompientes hasta alcanzar en su plantilla la cota -- 400 m. al considerar el tipo de material playero existente en la zona de canal (gravas, arenas gruesas y fina) y la energía del oleaje en la rompiente es seguro que existirá un arrastre de fondo que tenderá azolver el canal. Un cálculo teórico de su magnitud es complicado y puede resultar bastante alejado de la realidad más aún cuando no se tiene mediciones de las alturas de las olas, de su tiempo de acción ni su incidencia, sin embargo, debido a la evidencia del fenómeno se requieren unas obras de protección (escolleras) que protejan el canal.

Diseño de las escolleras

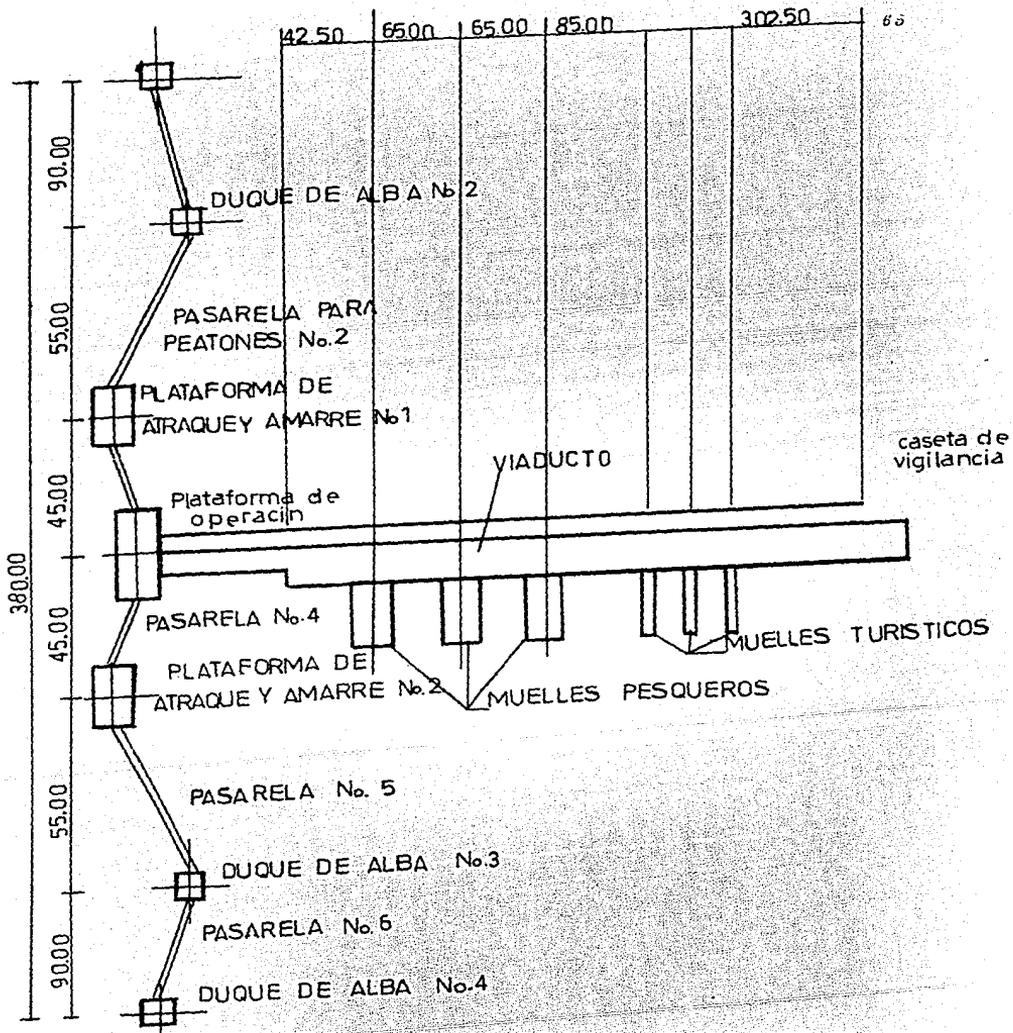
Orientación y longitud

Puesto que el transporte de sedimentos puede realizarse - de Oeste a Este o viceversa, es necesario construir 2 escolleras una a cada lado del canal, cuya longitud alcance la curva barimétrica de - 4.00 m. y la orientación de sus ejes sea según la línea Norte - Sur de la planta, de tal forma que las escolleras resulten sensiblemente perpendiculares a la línea de la playa.

E s t a b i l i d a d

Las obras que para este fin funcionan mejor son las de tipo flexible, es decir de enrocamiento, cuya geometría clásica se configura a base de 3 zonas; el núcleo la capa secundaria y la coraza.

La ecuación utilizada para calcular el peso de un elemento de la coraza fué la de Hudson.



Elevación de la corona del núcleo.

En función de la variación del nivel medio del mar, se fijó la elevación de la corona del núcleo en 2.00 m. Esta elevación permitirá trabajar en seco y con el procedimiento de volteo la mayor parte del tiempo. Las elevaciones de las coronas de la capa secundaria y de la coraza, estarán en función del tamaño de las rocas que se usen para cada zona. El número de capas de piedra que deberán formar la capa secundaria y la coraza es de 2 (dos), de esta forma las elevaciones respectivas aproximadas serán de -- + 3.00 y + 5.00 m.

Cárcamo de bombeo

Descripción

Estructura de concreto armado constituida principalmente por una losa de cimentación, muros perimetrales y divisorios, así como una losa al nivel de operación de equipo.

IV CONCLUSIONES

En la actualidad, electricidad y petróleo son el binomio fundamental del desarrollo de nuestro país.

Dado que es importante hacer notar que las necesidades de energía eléctrica son grandes de ahí que es necesario la construcción de más Plantas, Termoeléctricas, así como el colosal tendido de líneas de transmisión y distribución para llegar en pocos años, en comunidades urbanas zonas rurales y centros industriales. Entre los cambios más importantes que ocasionó la construcción de esta Planta Termoeléctrica es la de su aportación a la red del Sistema Eléctrico Nacional. Para que las instalaciones de las Plantas Termoeléctricas sean eficientes, no sólo deben atenderse los aspectos constructivos, sino también a la adecuada conservación de las ya existentes.

Una buena conservación de la misma asimismo prolonga la vida de los materiales utilizados en su construcción.